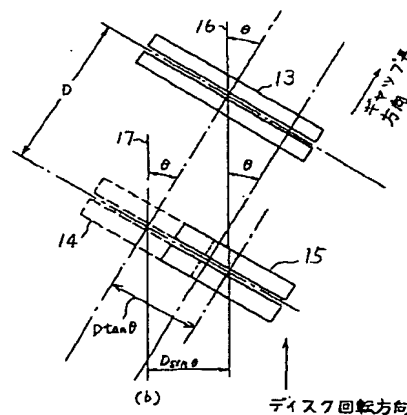


(11)特許出願公開番号

(43)公開日 平成7年(1995)4月25日

審査請求 未請求 請求項の数12 O.L (全 20 頁)

[最終頁に続く](#)



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 最内周トラックと最外周トラックとを含む複数のトラックを有する回転可能な磁気ディスクと、この磁気ディスクに対して情報の記録／再生を行う機能を有する磁気ギャップを備えた記録素子及び再生素子が分離して構成された磁気ヘッドとを具備する磁気ディスク装置において、

前記磁気ヘッドを搭載し、前記磁気ディスクに対向する面に動圧軸受部が設けられている磁気ヘッドスライダと、

前記磁気ヘッドを前記磁気ディスク上の所定の位置に位置決めする機能を有するロータリーアクチュエータと、一端に前記磁気ヘッドスライダが接続され、他端に前記ロータリーアクチュエータが接続されてなる回転可能なアームと、

前記磁気ギャップの磁気ギャップ長方向と前記磁気ディスクの回転方向とのなす角であるスキュー角を前記最内周トラックから前記最外周トラックにわたってほぼ一定とする手段とを備え、

前記動圧軸受部の前記磁気ディスクの回転方向に対する順方向側が逆方向側よりも該磁気ディスクの外周側に位置するように、該動圧軸受部の長手方向と該磁気ディスクの回転方向とのなす角である軸受傾き角が設定されていることを特徴とする磁気ディスク装置。

【請求項2】 最内周トラックと最外周トラックとを含む複数のトラックを有する回転可能な磁気ディスクと、この磁気ディスクに対して情報の記録／再生を行う機能を有する磁気ギャップを備えた記録素子及び再生素子が分離して構成された磁気ヘッドとを具備する磁気ディスク装置において、

前記磁気ディスクの回転によって生ずる流体流の流入端及び流出端と、該磁気ディスクに対向する面に前記流体流による動圧が発生する動圧軸受部とを有し、前記磁気ヘッドを前記流出端近傍に搭載してなる磁気ヘッドスライダと、

前記磁気ヘッドを前記磁気ディスク上の所定の位置に位置決めする機能を有するロータリーアクチュエータと、一端に前記磁気ヘッドスライダが接続され、他端に前記ロータリーアクチュエータが接続されてなる回転可能なアームと、

前記磁気ギャップの磁気ギャップ長方向と前記磁気ディスクの回転方向とのなす角であるスキュー角を前記最内周トラックから前記最外周トラックにわたってほぼ一定とする手段とを備え、

前記動圧軸受部の前記流出端側が前記流入端側よりも前記磁気ディスクの外周側に位置するように、該動圧軸受部の長手方向と前記磁気ディスクの回転方向とのなす角である軸受傾き角が設定されていることを特徴とする磁気ディスク装置。

【請求項3】 前記軸受傾き角は、前記磁気ヘッドの浮

上量が前記最内周トラックから前記最外周トラックにわたってほぼ一定となるように、該磁気ヘッドの浮上量変動率と浮上量誤差解析とにより定まる最適範囲内に設定されることを特徴とする請求項1または請求項2記載の磁気ディスク装置。

【請求項4】 前記軸受傾き角は30°以下に設定されていることを特徴とする請求項1または請求項2記載の磁気ディスク装置。

【請求項5】 前記記録素子は有効な記録幅を設定するトレーリングエッジを有し、該記録素子の前記磁気ディスクに対向する部分が前記トレーリングエッジの走査する領域内に入るように構成されることを特徴とする請求項1または請求項2記載の磁気ディスク装置。

【請求項6】 最内周トラックと最外周トラックとを含む複数のトラックを有する回転可能な磁気ディスクと、この磁気ディスクに対して情報の記録／再生を行う機能を有する磁気ギャップを備えた記録／再生素子から構成された磁気ヘッドとを具備する磁気ディスク装置において、

前記磁気ディスクに対向する面に設けられる動圧軸受部と、この動圧軸受部よりも前記磁気ディスクの回転方向に対して順方向側に設けられる動圧がほとんど発生しない非動圧軸受部と、前記磁気ヘッドを搭載し、前記非動圧軸受部よりも前記磁気ディスクの回転方向に対して順方向側に設けられるパッド部とを有する磁気ヘッドスライダと、

前記磁気ヘッドを前記磁気ディスク上の所定の位置に位置決めする機能を有するロータリーアクチュエータと、一端に前記磁気ヘッドスライダが接続され、他端に前記ロータリーアクチュエータが接続されてなる回転可能なアームと、

前記磁気ギャップの磁気ギャップ長方向と前記磁気ディスクの回転方向とのなす角であるスキュー角を前記最内周トラックから前記最外周トラックにわたってほぼ一定とする手段とを備えてなることを特徴とする磁気ディスク装置。

【請求項7】 最内周トラックと最外周トラックとを含む複数のトラックを有する回転可能な磁気ディスクと、この磁気ディスクに対して情報の記録／再生を行う機能を有する磁気ギャップを備えた記録／再生素子から構成された磁気ヘッドとを具備する磁気ディスク装置において、

前記磁気ディスクの回転によって生ずる流体流の流入端及び流出端と、前記流体流による動圧が発生する動圧軸受部と、この動圧軸受部よりも前記流出端側に設けられ、前記流体流による動圧がほとんど発生しない非動圧軸受部と、前記磁気ヘッドを搭載し、前記非動圧軸受部よりも流出端側に設けられるパッド部とを有する磁気ヘッドスライダと、

前記磁気ヘッドを前記磁気ディスク上の所定の位置に位

置決めする機能を有するロータリーアクチュエータと、一端に前記磁気ヘッドスライダが接続され、他端に前記ロータリーアクチュエータが接続されてなる回動可能なアームと、

前記磁気ギャップの磁気ギャップ長方向と前記磁気ディスクの回転方向とのなす角であるスキュー角を前記最内周トラックから前記最外周トラックにわたってほぼ一定とする手段とを備えてなることを特徴とする磁気ディスク装置。

【請求項8】 前記動圧軸受部の長手方向に関して、前記非動圧軸受部の開始位置から前記パッド部に設けられた前記磁気ギャップまでの長さが、前記動圧軸受部の長さの1/2以下に設定されてなることを特徴とする請求項6または請求項7記載の磁気ディスク装置。

【請求項9】 前記パッド部の面積は、前記動圧軸受部の面積の1/5以下に設定されることを特徴とする請求項6または請求項7記載の磁気ディスク装置。

【請求項10】 最内周トラックと最外周トラックとを含む複数のトラックを有する磁気ディスクと、この磁気ディスクに対して情報の記録/再生を行う機能を有する磁気ギャップを備えた記録/再生素子から構成された磁気ヘッドとを具備する磁気ディスク装置において、前記磁気ディスクに対向する面に設けられる動圧軸受部と、この動圧軸受部よりも前記磁気ディスクの回転方向に対する順方向側に設けられる動圧がほとんど発生しない非動圧軸受部と、前記磁気ヘッドを搭載し、前記非動圧軸受部よりも前記磁気ディスクの回転方向に対する順方向側に設けられるパッド部とを有する磁気ヘッドスライダと、

前記磁気ヘッドを前記磁気ディスク上の所定の位置に位置決めする機能を有するロータリーアクチュエータと、一端に前記磁気ヘッドスライダが接続され、他端に前記ロータリーアクチュエータが接続されてなる回動可能なアームと、

前記磁気ギャップの磁気ギャップ長方向と前記磁気ディスクの回転方向とのなす角であるスキュー角を前記最内周トラックから前記最外周トラックにわたってほぼ一定とする手段とを備え、

前記動圧軸受部の前記磁気ディスクの回転方向に対する順方向側が逆方向側よりも該磁気ディスクの外周側に位置するように、該動圧軸受部の長手方向と該磁気ディスクの回転方向とのなす角である軸受傾き角が設定されていることを特徴とする磁気ディスク装置。

【請求項11】 最内周トラックと最外周トラックとを含む複数のトラックを有する磁気ディスクと、この磁気ディスクに対して情報の記録/再生を行う機能を有する磁気ギャップを備えた記録/再生素子から構成された磁気ヘッドとを具備する磁気ディスク装置において、

前記磁気ディスクの回転によって生ずる流体流の流入端及び流出端と、前記流体流による動圧が発生する動圧軸

受部と、この動圧軸受部よりも前記流出端側に設けられ、前記流体流による動圧がほとんど発生しない非動圧軸受部と、前記磁気ヘッドを搭載し、前記非動圧軸受部よりも流出端側に設けられるパッド部とを有する磁気ヘッドスライダと、

前記磁気ヘッドを前記磁気ディスク上の所定の位置に位置決めする機能を有するロータリーアクチュエータと、一端に前記磁気ヘッドスライダが接続され、他端に前記ロータリーアクチュエータが接続されてなる回動可能なアームと、

前記磁気ギャップの磁気ギャップ長方向と前記磁気ディスクの回転方向とのなす角であるスキュー角を前記最内周トラックから前記最外周トラックにわたってほぼ一定とする手段とを備え、

前記動圧軸受部の前記流出端側が前記流入端側よりも前記磁気ディスクの外周側に位置するように、該動圧軸受部の長手方向と前記磁気ディスクの回転方向とのなす角である軸受傾き角が設定されていることを特徴とする磁気ディスク装置。

【請求項12】 最内周トラックと最外周トラックとを含む複数のトラックを有する磁気ディスクと、この磁気ディスクに対して情報の記録/再生を行う機能を有する磁気ギャップを備えた記録/再生素子とを有する磁気ディスク装置において、

前記記録/再生素子が搭載される磁気ヘッドスライダと、

この磁気ヘッドスライダを前記磁気ディスク上の所定の位置に位置決めする機能を有するロータリーアクチュエータと、

一端に前記磁気ヘッドスライダが接続され、他端に前記ロータリーアクチュエータが接続されてなる回動可能なアームとを備え、

前記記録/再生素子は、有効な記録幅を設定するトレーリングエッジを有し、該記録/再生素子の前記磁気ディスクに対向する部分が前記トレーリングエッジの走査する領域内に入るように構成されていることを特徴とする磁気ディスク装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、高密度での記録/再生が可能な磁気ヘッドを有する磁気ディスク装置に関する。

【0002】

【従来の技術】近年、磁気ディスク装置の高記録密度化に関する技術開発が盛んに行われている。磁気ディスク装置における高記録密度化は、ビット密度（ディスク周方向の記録密度）の増加、並びにトラック密度（ディスク半径方向の記録密度）の増加の両面から進められている。そのための技術として、特に、再生能力を著しく向上させる磁気ヘッドの開発が進められており、従来の相

対速度に依存する電磁誘導により媒体表面磁界を検出する方式と異なり、相対速度に依存しない媒体表面磁界を直接検出する方式が採用され始めている。磁界直接検出方式の代表的な方式は、磁気抵抗効果素子（MR素子）を用いることにより、媒体表面磁界の強弱により変化する磁気抵抗素子の抵抗変化を検出する方式であり、通常、この方式を採用した磁気ヘッドは、MRヘッドと呼ばれている。このような記録／再生素子が分離して設けられている磁気ヘッドにおいては、これら両素子間、即ち、両素子の磁気ギャップ（MRヘッドなどの場合は、再生素子有効部の中心位置を意味するものとする。以下同様な意味で便宜上単に「磁気ギャップ」と記す）間に所定の距離が存在することにより、以下のような不都合が生じる。

【0003】最近の小型磁気ディスク装置の多くは、磁気ヘッドが取付けられたアームを回転させることにより、その磁気ヘッドを磁気ディスクの半径方向に移動させるロータリーアクチュエータを採用している。ロータリーアクチュエータは、リニアアクチュエータに比べて構造が簡単であるうえ、低コスト、優れた耐振動性、低消費電力などのメリットを有する。このロータリーアクチュエータの場合、磁気ヘッドのスキュー角（記録／再生素子の磁気ギャップ長方向と磁気ディスクの回転方向とのなす角）が、通常、ディスク内外周で変化する設定となり、記録／再生素子が分離して設けられている磁気ヘッドの場合、図2（b）に示すように、従来の再生素子14の配置では、磁気ディスク内外周で記録トラック中心16と再生トラック中心17にずれが生ずる。このトラックずれ量は、スキュー角を $\theta$ とすれば、 $D \cdot \sin \theta$ で記述できる。ここで、Dは記録ヘッド13の磁気ギャップと再生ヘッド14の磁気ギャップとの間隔である。

【0004】この問題に対して、従来から主に以下のような対策が取られている。一つは、再生素子の実効ギャップ幅より、記録素子の実効ギャップ幅を広くする対策（いわゆるワイドライト（wide write）－ナローリード（narrow read）方式）である。

【0005】この対策は、高記録密度を実現するためにトラックピッチを狭くした場合に、再生素子のトラック幅が著しく狭くなり、電磁変換特性の観点から信号品質の劣化を招くため、面記録密度を向上させる手段としては、あまり好ましいものではない。

【0006】他の一つは、アクチュエータ等の設計を工夫することにより、磁気ディスク内外周で磁気ヘッドのスキュー角の変化が小さくなるようにする対策である。この対策では、磁気ディスク内外周における記録密度を均一にすることにより、ディスク一面当たりの記憶容量を従来の3割程度向上させることが可能な技術であるコンスタント・デンシティ・レコーディング方式（CDR方式）を採用する場合に以下のような問題が生じる。

【0007】ヘッド浮上量の観点からすると、磁気ディスク内外周でのスキュー角差がほとんど生じない設定においては、内外周で変化するパラメータが半径（ディスク回転数一定においては、相対速度）のみとなるため、従来のように相対速度の変化とスキュー角の変化をうまく組合わせることによって、内外周でヘッド浮上量の変化が小さくなるような設定を行うことが困難であり、内外周をいくつかのゾーンに分離し、内周から外周のトラックを内周のトラックと同じ記録密度となるように設定するCDR方式において要求される、内外周ヘッド浮上量一定の特性が実現できなくなる。信頼性が得られるヘッド最小浮上量（設計値）は、主に磁気ディスクのグライドハイト（最大突起高さ）によるところが大きく、このグライドハイトは、磁気ディスク内外周ではあまり大きく変化しない。従って、磁気ディスク内外周でヘッド最小浮上量がほぼ一定に設定できれば、内外周でほぼ同じ線記録密度が実現でき、信頼性を確保しながら磁気ディスク一面から得られる記憶容量を最大にすることが可能となることから、上記問題点の解決は重要である。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】以上説明したように、従来の記録／再生素子が分離して設けられている磁気ヘッドにあっては、磁気ディスク内外周で記録トラックと再生トラックにずれが生ずる問題を解決するために、磁気ディスク内外周でスキュー角が一定となる設定とした場合は、記憶容量の増大が可能なCDR方式を採用するために必要な磁気ディスク内外周におけるヘッド浮上量一定の条件を実現することが困難であるという問題が生じ、記録密度が高められない等の問題が生じていた。

【0009】そこで、本発明では、上記問題を解決し、MRヘッドのような記録／再生素子が分離して設けられている磁気ヘッドにおいて、磁気ディスク内外周でスキュー角の変化が小さくなる設定においても、記憶容量を従来の3割程度向上させることが可能な技術であるCDR方式を採用するにあたって要求される、磁気ディスク内外周におけるヘッド浮上量一定の特性を実現できる磁気ディスク装置を提供することにある。

【0010】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために、本発明では、最内周トラックと最外周トラックとを含む複数のトラックを有する回転可能な磁気ディスクと、この磁気ディスクに対して情報の記録／再生を行う機能を有する磁気ギャップを備えた記録素子及び再生素子が分離して構成された磁気ヘッドとを具備する磁気ディスク装置において、前記磁気ヘッドを搭載し、前記磁気ディスクに対向する面に動圧軸受部が設けられている磁気ヘッドスライダと、前記磁気ヘッドを前記磁気ディスク上の所定の位置に位置決めする機能を有するロータリーアクチュエータと、一端に前記磁気ヘッドスライダが接続され、他端に前記ロータリーアクチュエータが接

続されてなる回動可能なアームと、前記磁気ギャップの磁気ギャップ長方向と前記磁気ディスクの回転方向とのなす角であるスキュー角を前記最内周トラックから前記最外周トラックにわたってほぼ一定とする手段とを備え、前記動圧軸受部の前記磁気ディスクの回転方向に対する順方向側が逆方向側よりも該磁気ディスクの外周側に位置するように、該動圧軸受部の長手方向と該磁気ディスクの回転方向とのなす角である軸受傾き角が設定されていることを特徴とする磁気ディスク装置磁気ディスク装置を提供する。

【0011】また、本発明では、最内周トラックと最外周トラックとを含む複数のトラックを有する回転可能な磁気ディスクと、この磁気ディスクに対して情報の記録／再生を行う機能を有する磁気ギャップを備えた記録／再生素子から構成された磁気ヘッドとを具備する磁気ディスク装置において、前記磁気ディスクに対向する面に設けられる動圧軸受部と、この動圧軸受部よりも前記磁気ディスクの回転方向に対して順方向側に設けられる動圧がほとんど発生しない非動圧軸受部と、前記磁気ヘッドを搭載し、前記非動圧軸受部よりも前記磁気ディスクの回転方向に対して順方向側に設けられるパッド部とを有する磁気ヘッドスライダと、前記磁気ヘッドを前記磁気ディスク上の所定の位置に位置決めする機能を有するロータリーアクチュエータと、一端に前記磁気ヘッドスライダが接続され、他端に前記ロータリーアクチュエータが接続されてなる回動可能なアームと、前記磁気ギャップの磁気ギャップ長方向と前記磁気ディスクの回転方向とのなす角であるスキュー角を前記最内周トラックから前記最外周トラックにわたってほぼ一定とする手段とを備えてなることを特徴とする磁気ディスク装置を提供する。

【0012】更に、本発明では、最内周トラックと最外周トラックとを含む複数のトラックを有する磁気ディスクと、この磁気ディスクに対して情報の記録／再生を行う機能を有する磁気ギャップを備えた記録／再生素子とを有する磁気ディスク装置において、前記記録／再生素子が搭載される磁気ヘッドスライダと、この磁気ヘッドスライダを前記磁気ディスク上の所定の位置に位置決めする機能を有するロータリーアクチュエータと、一端に前記磁気ヘッドスライダが接続され、他端に前記ロータリーアクチュエータが接続されてなる回動可能なアームとを備え、前記記録／再生素子は、有効な記録幅を設定するトレーリングエッジを有し、該記録／再生素子の前記磁気ディスクに対向する部分が前記トレーリングエッジの走査する領域内に入るように構成されていることを特徴とする磁気ディスク装置を提供する。

【0013】

【作用】上記構成の本発明によれば、磁気ディスク内外周におけるスキュー角変化が小さい場合においても、磁気ディスク内外周でのヘッド浮上量をほぼ一定に設定で

きるため、記録／再生素子が分離して設けられている磁気ヘッドにおいてもCDR方式を効率よく活用し、磁気ディスク一面あたりの記憶容量を高めることが可能となる。

【0014】磁気ヘッドスライダの動圧軸受面に注目すると、磁気ディスク上ではほぼ一定のスキュー角を設けて磁気ヘッドをシークさせた場合、磁気ディスク内周から外周に向かって相対速度が増加するに従い、磁気ヘッドスライダの側面から横漏れする流体が増加し、動圧軸受面の流入端側が流出端側に比べて磁気ディスク上から大きく離反する。即ち、図18に示すように、磁気ヘッドスライダ31の流入端37と流出端38とを結ぶ線分の方向が磁気ディスク表面方向となす角であるピッチング角 $\phi$ が大きくなる方向に変化することにより、磁気ヘッドスライダ31の浮上姿勢は、記録／再生素子の磁気ギャップが設けられている動圧軸受面の流出端38の近傍を焦点とするように変化する。

【0015】また、磁気ヘッドが磁気ディスク内周から外周に向かって移動するに従い、相対速度の増加に伴う横漏れ流体の増加によって、磁気ヘッドスライダに働く浮上力の圧力中心が内周側方向に移動するため、スライダ内周側に比べて、スライダ外周側の浮上量増加率（磁気ディスク最内周での磁気ヘッドスライダ流出端浮上量に対する磁気ディスク最外周での磁気ヘッドスライダ流出端浮上量の比率）は小さくなる。

【0016】さらに、磁気ギャップを磁気ヘッドスライダの外周側流出端に設けるとともに、図2(a)に示すように、磁気ヘッドスライダの軸受面の流出端が磁気ディスクの回転方向に対して流入端よりも磁気ディスクの外周側に位置するように軸受傾き角 $\alpha$ を設定すると、スキュー角 $\theta$ と軸受傾き角 $\alpha$ との間に差角が生じ、スキュー角 $\theta$ が一定であっても軸受傾き角 $\alpha$ は内外周で変化することとなり、外周でのスライダ外周側流出端のヘッド浮上量を低減する。かかる作用は、磁気ディスクの径が小さい場合ほど顕著である。

【0017】従って、上記作用の相乗効果により、磁気ヘッドを内周から外周へ移動させる際、スキュー角 $\theta$ がほとんど変化しない設定にし、外周へ行くほど相対速度が大きくなるような場合でも、所定の軸受傾き角 $\alpha$ を設けることによって、磁気ヘッドスライダの磁気ギャップ位置におけるヘッド浮上量の変化を低減することが可能である。

【0018】また、本発明は、磁気ヘッドスライダ上に設けられる動圧軸受部よりも流出端側に磁気ディスクの回転による動圧がほとんど発生しない非動圧軸受部を設け、この非動圧軸受部よりも更に流出端側に設けられたパッド部に記録／再生素子を分離して搭載する構成を有する。このため、スキュー角変化がほとんど無く、磁気ディスクの内周から外周にわたって相対速度のみが大きくなる変化が生じて、磁気ヘッドスライダ後方のパ

10

20

30

40

50

ド部に発生する動圧に比べ、前方の動圧軸受部に発生する動圧の方が大きい。磁気ヘッドスライダ全体が磁気ディスクから離反する作用と、磁気ヘッドスライダの流入端側がより浮き上がる作用との組み合わせにより、磁気記録再生特性上問題となるヘッド浮上量があまり変動しない特性を得ることができる。

【0019】特に、磁気ヘッドスライダの長手方向に関して、前記非動圧軸受部の開始位置から前記パッド部に設けた記録／再生素子のギャップ部までの長さが動圧軸受部の長さの1/2以下とすること、また、記録／再生素子を搭載しているパッド部の面積が動圧軸受部の面積を1/5以下とすることにより、信頼性を保ちながら、データ領域内外周での浮上量変動を小さくすることが可能となり、高密度な記録再生が可能となる。

【0020】更に、本発明によれば、磁気ディスク最内周から最外周にかけてスキュー角の変動がある場合でも、磁極がトレーリングエッジの走査領域からはみ出すことがなく、良好な記録特性が得られる。

【0021】

【実施例】以下、本発明の実施例について、図面を参照しつつ詳細に説明する。実施例の説明に先立ち、ロータリーアクチュエータを用いた磁気ディスク装置の構成について簡単に説明する。図1は、ロータリーアクチュエータを用いた磁気ディスク装置の概略を示したものである。情報記録媒体である磁気ディスク101は、スピンドル102に装着され、所定の回転数で回転される。磁気ディスク101にアクセスして情報の記録再生を行う磁気ヘッドを搭載した磁気ヘッドスライダ（以下、「スライダ」という）103は、薄板状のサスペンション104の先端に取付られている。ここで、スライダ103には、記録／再生素子が分離して設けられる複合型ヘッド（例えば再生素子にMRヘッドを採用したもの）が搭載されている。また、サスペンション104は、図示しない駆動コイルを保持するボビン部等を有するアーム105の一端に接続されている。一方、アーム105の他端には、リニアモータの一種であるボイスコイルモータ106が設けられている。ボイスコイルモータ106は、前記アーム105のボビン部に巻き上げられた図示しない駆動コイルと、それを挟み込むように対向して配置された永久磁石および対向ヨークからなる磁気回路とから構成される。アーム105は、固定軸107の上下2カ所に設けられた図示しないボールベアリングによって保持され、ボイスコイルモータ106により回転揺動が自在にできるようになっている。

【0022】次に、本発明に係る磁気ディスク装置に用いられる磁気ヘッドアセンブリの概略について、図2を参照しつつ説明する。図2(a)は磁気ディスク上でのスライダ10の設定を示したものであり、図2(b)はスライダに設けられる記録／再生素子の磁気ギャップの設定を示したものである。

【0023】ここで、以下に示す実施例の説明において用いる角度の定義について簡単に述べる。図2(a)に示すように、スライダ10の磁気ギャップ位置11における記録／再生素子の磁気ギャップ長方向と磁気ディスクの回転方向（磁気ディスクの半径方向と垂直な方向）とのなす角をスキュー角( $\theta$ )、スライダ10のピボット位置12におけるスライダ10の動圧軸受面18の長手方向と磁気ディスクの回転方向とのなす角を軸受傾き角( $\alpha$ )と定義する。なお、スライダ10の動圧軸受面18の流出端18aが流入端18bよりも磁気ディスクの外周側に位置するように、スキュー角及び軸受傾き角を設けることとする。また、図3に示すように、ロータリーアクチュエータを構成するアームの回転中心O'と複合型磁気ヘッドの磁気ギャップ中心Pとを結ぶ直線と、磁気ディスクの回転方向とのなす角をアーム傾き角( $\psi$ )と定義する。ところで、スキュー角 $\theta$ はスライダ10をアームに取り付ける向きに依存するため、個々の装置によって異なる量であるのに対し、アーム傾き角 $\psi$ はスライダの取り付け向きに依存しない量として定義される。即ち、ある装置において、両者の関係を考えると、スキュー角 $\theta$ はアーム傾き角 $\psi$ に一定の角度を加えたものである。従って、スキュー角 $\theta$ の変動量はアーム傾き角 $\psi$ の変動量と同一内容を表す。

【0024】記録／再生素子の磁気ギャップは、図2(a)に示すように、スライダ10の外周側軸受面の流出端18b近傍に設けられる。また、ほぼ一定のスキュー角 $\theta$ を設けてスライダ10を浮上させた場合、記録／再生素子がトラックずれを起こさないように、トラック幅方向に対する記録素子13と再生素子15との相対的な位置を外周側あるいは内周側にずらして積層構成し、図2(b)のような配置をとる。ここで、記録素子と再生素子とのずれ量Zと両素子の磁気ギャップ間の距離D及びスキュー角 $\theta$ との関係は $Z = D \cdot \sin \theta$ で記述できる。

【0025】このような配置をとるためのプロセスは、半導体の製造によって培われた技術等により容易である。なお、その際、マスクをずらす量は、 $D \cdot \tan \theta$ で表され、 $\theta$ の値が小さい場合は、上記した記録素子と再生素子とのずれ量Zとほぼ同一の値となる。

【0026】このような磁気ヘッドアセンブリを有するロータリーアクチュエータにおいて、磁気ディスクの回転中心とアームの回転中心との距離、及びアームの回転中心と記録／再生素子の磁気ギャップまでの距離を調節することにより、ディスク記録領域の内周から外周までのスキュー角 $\theta$ の変化を数度程度もしくはそれ以下に抑えることができ、磁気ディスク上ではほぼ一定のスキュー角 $\theta$ を設けて磁気ヘッドをシークさせることができる。以下、その技術について詳説する。

【0027】図3は、ロータリーアクチュエータを用いた磁気ディスク装置の概略を示した模式図である。こ

11

で、図中に示されている記号は、以下の内容を示すものである。

【0028】O点：磁気ディスクの中心点

O'点：ロータリーアクチュエータを構成するアームの回転中心

P点：磁気ヘッドの磁気ギャップ位置

r：線分O-Pの長さ（磁気ヘッドの磁気ディスク上の半径に相当）

R：線分O'-Pの長さ（ロータリーアクチュエータ\*

$$\Phi = \cos^{-1} \left( \frac{-R_0^2 - R^2 - r^2}{2R \cdot r} \right)$$

$$\Psi = (\pi/2) - \Phi$$

$$= (\pi/2) - \cos^{-1} \left( \frac{-(R_0^2 - R^2 - r^2)}{2R \cdot r} \right)$$

【0030】(1)式に基づいて、アーム長(R)をパラメータにしたときの磁気ヘッドの磁気ディスク上の位置、即ち長さrと、アーム傾き角(Ψ)との関係を図4に示す。図4では、一例として、磁気ディスク最内周及び最外周のトラック半径rをそれぞれ15mm、30mm、アームの回転中心と磁気ディスクの中心との距離

(R<sub>0</sub>)を40mmとしている。なお、アーム長は30mmから50mmの範囲で変えている。  
【0031】図からわかるように、ある最内周、最外周を定めたときには、アーム長が小さいときは磁気ディスク最内周から最外周の範囲内でのアーム傾き角の変動量が大きい。アーム長を増やしていくと、アーム傾き角自体は大きくなるが、アーム傾き角の変動量が最小になるポイントがある。更にアーム長を増やしていくと、アーム傾き角は更に増加し、アーム傾き角の変動量が再び増加傾向に転じる。このことを図4に示す場合(15mm

20

\*タの回転中心から磁気ヘッドの磁気ギャップ位置までの長さ（以下、「アーム長」と称する）

R<sub>0</sub>：線分O-O'の長さ

Φ：線分O-Pと線分O'-Pとのなす角

Ψ：アーム傾き角

ここで、

【0029】

【数1】

ーム傾き角の変動量（最大値と最小値との差）との関係を示すと図5のようになる。即ち、最内周及び最外周の範囲が与えられると、これに応じて、R<sub>0</sub>より大きい範囲にアーム傾き角の変動量が最小になるようなアーム長が存在し、このようなアーム長を設定すれば、トラック

ずれの変動量を最小にすることができる。

【0032】表1に、アームの回転中心と磁気ディスクの中心との距離(R<sub>0</sub>)、最内周半径(R<sub>in</sub>)、最外周半径(R<sub>out</sub>)が与えられたときの、アーム長(R)の最適値(R<sub>opt</sub>)を、表2に、そのときのアーム傾き角(Ψ)の変動量を示す。ここで、最内周半径(R<sub>in</sub>)、最外周半径(R<sub>out</sub>)、及びアーム長(R)はいずれも、アームの回転中心と磁気ディスクの中心との距離(R<sub>0</sub>)を1として規格化して示してある。

【0033】

30

【表1】

表1 最適アクチュエータ長 ( $R_{out}$ )

$R_{in} \backslash R_{out}$	0.10	0.15	0.20	0.25	0.30	0.35	0.40	0.45	0.50
0.60	1.03	1.04	1.06	1.07	1.09	1.10	1.11	1.13	1.14
0.65	1.03	1.05	1.06	1.08	1.09	1.11	1.12	1.14	1.15
0.70	1.03	1.05	1.07	1.08	1.10	1.12	1.13	1.15	1.16
0.75	1.04	1.06	1.07	1.09	1.11	1.12	1.14	1.16	1.17
0.80	1.04	1.06	1.08	1.10	1.11	1.13	1.15	1.17	1.18
0.85	1.04	1.06	1.08	1.10	1.12	1.14	1.16	1.18	1.19
0.90	1.04	1.07	1.09	1.11	1.13	1.15	1.17	1.19	1.20
0.95	1.05	1.07	1.09	1.11	1.13	1.15	1.18	1.20	1.21
1.00	1.05	1.07	1.10	1.12	1.14	1.16	1.18	1.20	1.23

[0034]

\* \* [表2]

表2 アーム傾き角変動 ( $\Delta \Psi_{min}$  (deg))

$R_{in} \backslash R_{out}$	0.10	0.15	0.20	0.25	0.30	0.35	0.40	0.45	0.50
0.60	6.2	4.4	3.1	2.2	1.5	1.0	0.6	0.3	0.1
0.65	7.0	5.2	3.7	2.7	1.9	1.3	0.9	0.5	0.3
0.70	8.0	5.9	4.5	3.3	2.4	1.7	1.2	0.8	0.5
0.75	9.0	6.8	5.1	3.9	3.0	2.2	1.6	1.1	0.7
0.80	9.9	7.6	5.9	4.6	3.5	2.7	2.0	1.4	1.0
0.85	11.0	8.5	6.7	5.2	4.1	3.2	2.5	1.8	1.3
0.90	11.9	9.4	7.5	5.9	4.7	3.7	2.9	2.3	1.7
0.95	13.0	10.3	8.3	6.7	5.4	4.3	3.4	2.7	2.1
1.00	14.2	11.3	9.2	7.4	6.1	4.9	4.0	3.2	2.5

[0035] 磁気ディスク装置においては、ディスクの 50 外形を  $D_{out}$  とすると、 $D_{out}/2 < R_0$  であり、更



に、 $R_{out} < D_{in} / 2$ であることから、 $R_{out} < 1$ となる。また、磁気ディスクの内径( $D_{in}$ )は、磁気ディスクをスピンドルモータに取り付けるための穴の大きさで決まっており、最内周半径( $R_{in}$ )は $R_{in} > D_{in} / 2$ の関係より、通常 $R_{in} > 0.3$ の範囲である。データを記録する領域を広く確保する観点から、 $R_{out}$ はできるだけ大きく、 $R_{in}$ はできるだけ小さくすることが好ましい。実際の磁気ディスク装置の $R_{out}$ 、 $R_{in}$ は、記録特性、コンタクトスタートストップ(以下、「CSS」という)ゾーンの確保、機構部の要求するマージン、その他を考慮して定められるが実用的には、 $0.8 < R_{out} < 0.95$ 、 $0.3 < R_{in} < 0.45$ の範囲となる。図4に示すアーム傾き角( $\psi$ )の変動量、即ちスキュー角( $\theta$ )の変動量の点から見ると、データ領域を稼ごうとして、 $D_{in}$ の小さな特殊な磁気ディスクを使用して $R_{in}$ を小さくすることは好ましくないことがわかる。従って、表1からわかるように、好ましい規格化アーム長は具体的には、1.1~1.2の範囲になる。

【0036】このようにして、アーム長の最適設計を行うことにより、磁気ディスク上でほぼ一定のスキュー角を設けて磁気ヘッドをシークさせることができる。次に、テーバフラット型スライダを用いた2.5インチの磁気ディスク装置を例に、本発明の実施例を説明する。ここでは、2.5インチディスクのデータ領域の最内周半径を17mm、最外周半径を30.5mmとして、磁気ヘッドの軸受傾き角 $\alpha$ を種々の値に設定した場合の、磁気ギャップ位置のヘッド浮上量を解析した。以下に、その解析条件を示す。

【0037】

テーバフラット型スライダ

スライダ長手方向長さ 2.04mm

スライダ幅方向長さ 1.60mm

ヘッド荷重 4g

クラウン 40nm

キャンバー 10nm

ディスク最内周浮上量 50nm

ディスク回転数 5400rpm

軸受傾き角  $0^\circ$ 、 $10^\circ$ 、 $20^\circ$ 、 $30^\circ$

なお、この解析においては、浮上量を50nmに揃えるために各々の磁気ヘッドの軸受傾き角に対してそれぞれ異なる動圧軸受幅を設定した。ここで、クラウンとは、図6(a)に示すようにスライダの動圧軸受面の長手方向の凹凸の高さを示す値であり、外側に凸形状の場合を正とする。また、キャンバーとは、図6(b)に示すようにスライダの動圧軸受面の幅方向の凹凸の高さを示す値であり、内側が高くなっている場合を正とする。なお、スキュー角 $\theta$ は磁気ディスク内外周でほぼ一定となるように設定されている。

【0038】図7は、磁気ディスク内外周での磁気ヘッドの浮上量増加率(磁気ディスク最内周での磁気ヘッドスライダ流出端浮上量に対する磁気ディスク最外周での磁気ヘッドスライダ流出端浮上量の比率)の解析結果を示したものである。軸受傾き角 $\alpha$ の増加にともない、磁気ヘッドの浮上量増加率は減少しており、軸受傾き角 $\alpha$ を大きくすれば、磁気ディスク内外周で、ヘッド浮上量をほぼ一定に近づけることが可能であることがわかる。また、スライダの内周側流出端の浮上量増加率の減少に対して、スライダの外周側流出端の浮上量増加率の減少の方が顕著であり、動圧軸受の外周側流出端近傍に磁気ギャップを設けることにより、更にヘッド浮上量の一定化を図ることが可能であることがわかる。

【0039】図8は、同条件で、軸受傾き角 $\alpha$ を $20^\circ$ としたときの外周側スライダの浮上姿勢(スライダの流入端から流出端までの各位置における浮上量)を示したものである。ここで、実線は磁気ディスク最内周における場合、波線は最外周における場合の浮上姿勢を示している。この図より、磁気ギャップが設けられているスライダの外周側流出端のヘッド浮上量は、磁気ディスク内周から外周に対してほとんど変化していないことがわかる。このような結果を生ずる理由については、既に本明細書の作用の欄において説明しているため、ここでは重複説明を省略する。

【0040】図7に示す解析結果より、軸受傾き角 $\alpha$ の増加にともなうスライダの外周側流出端の浮上量増加率は、減少しつつ所定値に収束する傾向があることがわかる。例えば、軸受傾き角が $20^\circ$ から $30^\circ$ の間では、浮上量増加率にほとんど変化がみられない。

【0041】一方、スライダの浮上姿勢を決定するスライダの形状寸法、形状誤差、周速等の影響を考慮すると、空気流に対するスライダの傾き角をあまり大きくすると不都合を生じるおそれがある。例えば、軸受傾き角 $\alpha$ を設けた場合、軸受傾き角が $0^\circ$ のときに比べて流体ばね定数は減少し、形状誤差や環境変化等の影響による浮上姿勢の変動量が大きくなることが、ヘッド浮上量の誤差解析により明らかにされている。従って、スライダの浮上姿勢の安定性を考えた場合、軸受傾き角 $\alpha$ は $30^\circ$ 程度が限界であると考えられる。以上のことから、本発明の効果を効率よく達成するためには、軸受傾き角 $\alpha$ を、磁気ディスクの回転方向に対して磁気ディスク外周側方向に $30^\circ$ 以下の値で設定することが望ましい。

【0042】図9は、図7に示した外周側スライダの浮上量増加率を規格化したもの、浮上量誤差解析(ディスク外周側でのパラメータの変動による浮上量上昇率)を規格化したもの、及びその2つをかけあわせたものを表示したグラフである。ここで、浮上量増加率は軸受傾き角 $\alpha$ が $30^\circ$ の場合を1とし、浮上量誤差解析は軸受傾き角 $\alpha$ が $0^\circ$ の場合を1としてそれぞれ規格化している。

17

【0043】この結果より、2つの計算結果の掛け合わせたものの最小値を与える軸受傾き角 $\alpha$ が最適設計であると考えられる。本実施例に用いたスライダの場合は、軸受傾き角が $5^{\circ} \sim 20^{\circ}$ であることが好ましい。

【0044】上記の条件より更にヘッド浮上量の変化を小さくする効果をねらい、クラウンの値を換えて計算を行った。その結果、軸受傾き角 $20^{\circ}$ における浮上量増加率は以下のように変化することが明らかになった。

【0045】

クラウン 40nm : 1.27

クラウン 50nm : 1.24

従って、クラウンの値を増加させることによって、よりヘッド浮上量の一定化を図ることが可能であると考えられる。しかしながら、クラウンが大きすぎると、磁気ディスクの内周側において、即ち、ヘッド浮上量が小さく、かつピッチング角が小さい場合に、磁気ギャップ位置である磁気ヘッドスライダの外周側流出端近傍が磁気ヘッドの最小浮上量を示さなくなることが起こり得る。従って、クラウンの値は、磁気ヘッドの最小浮上量、ピッチング角を十分考慮にいれて設定する必要がある。

【0046】更に、キャンバーを増加させて計算を行った。図10は、キャンバー10nm、30nmの場合の、磁気ディスク内外周でのスライダの外周側流出端の浮上量増加率の解析結果を示したものである。ディスク最内周での浮上量を磁気ディスク外周側、内周側ともに、50nmに揃えるために、スライダの支持点であるビボット位置をシフトさせた。キャンバーの増加に伴い、ヘッドの浮上量増加率は減少しており、これにより磁気ディスク内外周でヘッド浮上量をほぼ一定にすることが可能であることが明かとなった。このキャンバー増

(1) 内周側、外周側の周速比が小さくなることにより、相対的に内周側の浮上量が増加する。

(2) キャンバーの影響が小さくなる分、ビボットシフトの影響が大きくなる。

【0047】従って、キャンバーが大きくなればなるほど、ビボットは磁気ヘッド外周側に移動し浮上量一定効果が大きくなる。しかしながら、キャンバーはクラウンとともに形成されるもので、クラウンの値によるところが大きい。それを考慮にいれるとキャンバー設定の範囲は浮上量50nmで40nm以下と考えられる。

【0048】更に、キャンバーと同じ効果が得られると考えられる従来のテーバフラット型スライダの動圧軸受にステップを設けたヘッドの解析を行った。図11に、代表例として、両軸受にステップを設けたスライダ形状を示す。スライダ20の動圧軸受面21の両外側部にステップ22が設けられている。

【0049】ここでは、ステップ22を、内周側軸受の

18

み設けたスライダ、外周側軸受のみに設けたスライダ、両軸受に設けたスライダの3条件で計算を行った。この計算では、浮上量を磁気ディスク外周側、内周側で揃えるために、ビボット位置をシフトさせるのではなく、内周側及び外周側軸受の幅を変えて計算した。計算条件は以下の通りである。

【0050】

ステップ付きスライダ

スライダ長手方向長さ 2.04mm

10 スライダ幅方向長さ 1.60mm

ヘッド荷重 4g

クラウン 0nm

キャンバー 0nm

ディスク最内周浮上量 50nm

軸受傾き角  $20^{\circ}$

ディスク回転数 5400rpm

ステップ幅 100 $\mu$ m

ステップ深さ 0.1 $\mu$ m

この結果、ステップ付きのスライダの浮上量増加率は、  
20 内周側にステップを設けたスライダ : 1.15  
外周側にステップを設けたスライダ : 1.28  
両側にステップを設けたスライダ : 1.28

となり、内周側軸受のみにステップを設けた場合、最も大きな浮上量一定効果が現れることが明かとなった。

【0051】次に、本発明に係る磁気ディスク装置の第1実施例について図12を参照しつつ説明する。図12は、本発明の第1実施例に係る磁気ディスク装置の概略を示す模式図である。ロータリーアクチュエータを構成するアーム1の先端にはサスペンション2が取り付けられ、このサスペンション2の一端には、記録／再生素子が分離して設けられている磁気ヘッドが取り付けられたスライダ3が設けられている。ここで、アーム1をその回転中心まわりに回転させることにより、スライダ3が磁気ディスク4の半径方向に移動される。その際、軸受傾き角 $\alpha$ が上記した範囲内の値で、かつ磁気ディスク内周から外周にわたってスキュー角 $\theta$ がほぼ一定となるように、スライダ3がサスペンション2に対して所定量だけ傾けて配置されるとともに、所定のアーム長が設定される。これにより、磁気ディスク内外周でスキュー角 $\theta$ の変化が小さい設定においても、ヘッド浮上量をほぼ一定とすることができるため、記録／再生素子が分離して設けられている磁気ヘッドを有する磁気ディスク装置においても、記憶容量を従来の3割程度向上させることが可能な技術であるCDR方式を採用することができる。

【0052】図13は、本発明の第2実施例に係る磁気ディスク装置の概略を示したものである。なお、以下の説明において、図1と同一部分または同一機能を有する部分については、同一番号を付すことにより、重複説明を省略するものとする。

50 【0053】本実施例においては、軸受傾き角 $\alpha$ が上記

した範囲内の値で、かつ磁気ディスク内周から外周にわたってスキュー角 $\theta$ がほぼ一定となるように、スライダ3が取り付けられたサスペンション2がアーム1に対して所定量だけ傾けて配置されている。このような構成によっても、上記した第1実施例と同様の効果を得ることができる。

【0054】図14は、本発明の第3実施例に係る磁気ディスク装置の概略を示したものである。本実施例は、磁気ヘッド3やサスペンション2を傾けることなく、ロータリーアクチュエータ全体と、磁気ディスク4との配置を調節することにより、所定のスキュー角を与えるようにしたものである。このような構成によっても、上記した第1実施例と同様の効果を得ることができる。

【0055】なお、本発明は、上記実施例に限定されず、例えば、最適アーム長を設定する方法以外の方法を用いて、磁気ディスク内周から外周にわたってスキュー角 $\theta$ をほぼ一定にする場合でも、適用が可能である。

【0056】図15は、本願発明に係る磁気ディスク装置を構成するスライダ形状に関する実施例を示したものである。上記した第1乃至第3実施例において、装置全体の構成上所定の軸受傾き角 $\alpha$ を与えることが困難である場合には、図15(a)に示すように、スライダの動圧軸受の長手方向をスライダ自体の長手方向に関して角度 $\beta$ 分だけ傾けて設けたり、図15(b)に示すように、スライダ自体を変形させることにより、軸受傾き角を所定値に調節し、本発明に係る構成を実現することができる。

【0057】軸受傾き角の定義を明確にするために、2つの任意形状のスライダを例に挙げて説明する。図16(a)及び図16(b)における軸受傾き角 $\alpha$ は、軸受面のスライダ幅方向の中心を結んで、それを直線近似することにより得られる直線方向と空気流方向とのなす角として定義される。かかる定義によれば、任意形状のスライダに対しても、本発明を適用することが可能となる。

【0058】以上説明した本発明においては、その基本的なコンセプトであるヘッド浮上量を磁気ディスクの内周から外周にわたってほぼ一定にすべく、所定の軸受傾き角を設けることができれば、いかなる構成としても良く、上記各実施例を適宜組み合わせることにより得られる種々の構成としても良いことは勿論である。

【0059】図17は、本発明に係る磁気ディスク装置に適用されるスライダの他の実施例を示した斜視図である。磁気ディスク面と対向して設定されるスライダ31の浮上面の流入端側には、昇圧機構のひとつであるテーパー32aが設けてあり、磁気ディスク回転により動圧が発生するフラット部32bがそれに続く。以下、上記テーパー32a及びフラット部32bを併せて動圧軸受部32と称する。この動圧軸受部32より流出端側には磁気ディスクの回転による動圧がほとんど発生しない非動圧

軸受部33が設けられている。記録/再生素子34は動圧軸受部32より、非動圧軸受部33を介してさらに流出端側に位置するパッド部35の端面に設けられている。

【0060】このようなスライダ31の形状、並びに記録/再生素子34の配置を取ることににより、磁気ディスクの定常回転時に、その内外周における浮上姿勢は、スキュー角変化がほとんど無い場合においても、図18に示すような変化を示し、記録/再生素子34と磁気ディスク36とのすきま(Sin, Sout)は、磁気ディスク36の内周から外周に対してほとんど変化しない。従来のスライダ形状においてもほぼ同様の傾向がみられるが、本発明にかかる構成とした方が、その傾向は顕著となる。スライダ31の浮上姿勢変化に着目すると、内周から外周に向かって相対速度が増加するに従ってスライダ31全体が磁気ディスク36から離反する方向と、動圧軸受面32が設けられているスライダ31の流入端側が流出端側に比べて大きく離反する方向、即ち、図中に示すピッチング角 $\phi$ が大きくなる方向とに変化する。即ち、この2方向の変化の組み合わせにより、実質的な動圧発生面である動圧軸受面32より流出端側に位置し、動圧発生面の小さいパッド部35の後端にある記録/再生素子34と磁気ディスク36との間隔、即ち、ヘッド浮上量はあまり変化しない特性が得られる。

【0061】また、図17に示す本実施例に係るスライダ31の加工は、従来のテーパーフラット型スライダの加工に比較して困難さは無く、ほとんどコストアップにもならない。即ち、従来のテーパーフラット型スライダに対してその長手方向と直交する方向に、従来長手方向に関して行っている溝加工を施すことにより容易に製作することが可能である。

【0062】発明者らは、図17に示したスライダの形状について、スライダ全体の大きさを一定(長さ2mm、幅1.5mm)とし、いくつかの長さに関するパラメータを設定して浮上特性解析を行った。ここでは、2.5インチの磁気ディスク装置を例に、データ領域の最内周半径を16mm、最外周半径を30.5mm、ディスク回転数5400rpm、ヘッド荷重4gfとし、負荷中心は動圧軸受部の長さ(L1)に対して流入端から57.5%の位置とした。本発明に係るスライダ形状においては、流入端から55%~65%の間が浮上量変化率、浮上安定性の観点から好ましい。また、非動圧軸受部表面の動圧軸受部表面からの後退量は、10 $\mu$ mもあれば十分であるが、この解析においては、50 $\mu$ mとした。動圧軸受部の幅については最内周での浮上量が50nmになるようそれぞれ調整した。

【0063】この解析に供したA~Eの5種類のスライダの形状パラメータとして用いた寸法を以下に示す。なお、各記号の該当箇所は図17中に示す。

21

22

	L1 (mm)	L2 (mm)	L3 (mm)
A	1.2	0.8	0.2
B	1.4	0.6	0.2
C	1.6	0.4	0.2
D	1.4	0.6	0.1
E	1.4	0.6	0.3

上記の5種類のスライダについて、磁気ディスクのデータ領域各位置における記録／再生素子のヘッド浮上量を解析した結果を図19に示す。磁気ディスク内周から外周への浮上量変化はほぼ直線的であるため、浮上量増加率（最内周での浮上量に対する最外周での浮上量の比率）に着目すると、動圧軸受の長手方向に関して、非動圧軸受部33の開始位置から流出端側のパッド部35に設けた記録／再生素子34の磁気ギャップ部までの長さ（L2）が大きくなるほど浮上量増加率は小さく、また、動圧軸受面32より流出端にある磁気ディスク36と対向する面（パッド部35）の面積も小さい方がより浮上量増加率は小さくなることが明らかとなった。

【0064】しかし、非動圧軸受部33の開始位置からパッド部35に設けた記録／再生素子34の磁気ギャップ部までの長さ（L2）が大きい場合、または、前記記録／再生素子34を搭載しているパッド部35の面積が動圧軸受部32の面積に対して著しく小さい場合、信頼性の観点から次のような問題が生じる。

【0065】磁気ディスクはスピンドルモータに固定されるが、固定の仕方により様々な変形が生じる。近年、スライダは低浮上化し、磁気ディスクの多少の変形がスライダの浮上量変動を引き起こしている。図20は、周方向にたわんだ磁気ディスク40上を走行するスライダ41の状況を模式的に表したものである。動圧がほとんど発生しない非動圧軸受部を設けない実線で示した従来のスライダ41aの場合、スライダ全長にわたり流体膜剛性は高く、図中に示した平均面mに対してその浮上姿勢を保つ。記録／再生素子の磁気ギャップ部をスライダ41の流出端に設けた場合、たわみの無い磁気ディスクに対するヘッド浮上量変動は、図中に示す $\Delta h_1$ となる。一方、非動圧軸受部を設けた破線で示したスライダ41bの場合は、動圧軸受部が支配的に作用し、図中に示した平均面nに対して浮上姿勢を保とうとするため、この場合のヘッド浮上量変動は、図中に示す $\Delta h_2$ となり、大きく増大する。この増大の仕方は、非動圧軸受部の開始位置43から後方のパッド部44に設けられた記録／再生素子の磁気ギャップ部までの長さに依存する。

【0066】非動圧軸受部を設けない通常のスライダの場合を基準に、スライダの動圧軸受部の長さに対する、非動圧軸受部の開始位置43からパッド部44に設けた記録／再生素子の磁気ギャップ部までの長さの比（ $\Delta L_2 / \Delta L_1$ ）をパラメータに周方向にたわんだ磁気ディスクにおける最大浮上量変動率（ $\Delta h_2 / \Delta h_1$ ）を概略計算した結果を以下に示す。

【0067】

$\Delta L_2 / \Delta L_1$	$\Delta h_2 / \Delta h_1$
1/5	2.1
1/4	2.4
1/3	2.7
1/2	3.2
1	4.4

スピンドルモータへの磁気ディスクの固定法も技術的な進歩によりかなり改善されてきてはいるが、磁気ディスク装置への耐衝撃性向上の要求もあり締結力を高める必要があるため、現状では周方向の最小曲率半径がディスク最内周で2m程度となっている。スライダ全長が短い方が同じ曲率半径のたわみであっても浮上量変動（ $\Delta h_1$ ）は小さくなるが、例えば、全長2mmのスライダの場合、曲率半径2mにおいて、 $\Delta h_1$ は、0.012 $\mu$ mと概算される。現状の磁気ディスク装置のヘッド浮上量は0.1 $\mu$ mを下回っており、非動圧軸受部を設けたスライダにおけるヘッド浮上量変動（ $\Delta h_2$ ）は、 $\Delta h_1$ の3倍程度が許容限界でこれを越えると実用に耐えない。即ち、スライダ前方の動圧軸受部45の長さに対する非動圧軸受部の開始位置43から後方のパッド部44に設けた記録／再生素子の磁気ギャップ部までの長さの比（ $\Delta L_2 / \Delta L_1$ ）に着目すると、その値が1/2以下である必要性がある。これは、スライダ長が小さくなり、かつ、ヘッド浮上量が小さくなる場合には変化せず、基本的に成り立つ関係である。なお、 $\Delta L_2 / \Delta L_1$ はパッド部44の面積等により制約を受けるため、スライダの形状により、その下限が設けられる。

【0068】また、接触状態からディスクを起動停止するCSS方式を採用している磁気ディスク装置の場合、前述したスペーシング変動は起動停止時のヘッド及びディスクの損傷を促進するため、CSS耐久性の著しい劣化を招く。更に、後方の記録／再生素子を搭載したパッド部の面積が小さい場合、パッド部の損傷が著しいとの実験結果が得られた。

【0069】前述した $\gamma$ を0.37（ $L_1 = 1.46$ ,  $L_2 = 0.54$ ）とした磁気ヘッドスライダについて、動圧軸受部2の面積に対するパッド部5の面積の比率が（ $\delta$ ）が異なる2つスライダ（ $\delta = 1/12$ ,  $\delta = 1/17$ ）について摺動試験を行ったところ、前者の $\delta = 1/12$ のスライダについてはパッド部の損傷がみられなかったが、後者の $\delta = 1/17$ のスライダのパッド部は、かなりの傷が観測され、 $\delta$ の下限は1/17以上、1/12以下にあるものと考えられる。

【0070】一方、本発明の本来の目的である磁気ディスクの内外周でスキュー角の変化を設けない設定において、磁気ディスク内外周における浮上量変化率低減に着目すると、さらに前述した $\beta$ の値は制約され、 $1/5$ 以上になると、浮上量変化率は $1.2$ を上回ることになり、CDR方式を採用する魅力は薄れることになる。

【0071】従って、非動圧軸受部の開始位置からパッド部に設けた記録／再生素子の磁気ギャップ部までの長さが動圧軸受部の長さの $1/2$ 以下とすること、また、記録／再生素子を搭載しているパッド部の面積が動圧軸受部の面積の $1/5$ 以下とすることにより、信頼性を保ちながら、内外周記録領域でのヘッド浮上量変動の減少を実現することができ、高密度な記録再生が可能となる。

【0072】即ち、以上の内容を総合的に検討すると、本発明においては、図17に示すスライダの形状寸法について、浮上量増加率およびCSS耐久性の両特性の観点から許容できる範囲は以下のとおりである。

【0073】

$$L2/L1 < 1/2$$

$$L3/L1 < 1/5$$

また、本実施例では、スライダ31の長手方向に直交する溝を持った形状についてのみ示したが、この溝は必ずしもスライダ長手方向に直交する必要はなく、左右の浮上バランス、例えば、磁気ディスク内外周の周速差による左右スライダのローリング量をコントロールするため、または、CSSにおける磁気ヘッドの記録／再生素子34の損傷を防止するために、スライダ31の長手方向に傾斜した溝を設けてもよい。

【0074】以下、スライダ形状の変形例について、図21、図22、図23を用いて説明する。その際、図17に示した部分と同一部分または同一機能を有する部分については、同一番号を付すことにより、重複説明を省略することとする。

【0075】最近、スライダの加工技術として半導体製造技術で培われたフォトリソグラフィ技術を用いたパターンニング技術と、主にドライ環境におけるエッチング技術が応用され始めている。従来の機械加工と組み合わせて使われるため、多少のコストアップとなるが、スライダの動圧軸受面形状選択の自由度は著しく増大する。

【0076】図21は、本発明に係るスライダの第1変形例を示した斜視図である。本変形例においては、記録／再生素子34がスライダ31の幅方向のほぼ中央に位置している。かかる構成によれば、浮上中にスライダ31に加わる外乱振動・衝撃によってローリング方向の変動が生じて記録／再生素子34の浮上量が増加しない特性が得られ、ヘッド浮上量変動が小さく抑ええられる。本変形例においても記録／再生素子34が設けられる端面を有するパッド部35の磁気ディスク対向面の面積は小さく設定する必要がある、磁気ディスク内外周の

浮上量増加率及びCSS耐久性の両特性を考慮するとパッド部35の面積は動圧軸受面32の面積に対して $1/5$ 以下に設定することが好ましい。

【0077】図22は、本発明に係るスライダの第2変形例を示した斜視図である。本実施例においては、記録／再生素子34が設けられるパッド部35の磁気ディスク対向面はCSS耐久性を向上させるために鋭いエッジを無くした半楕円形に近い形状となっている。また、左右の動圧軸受面34の流出端側の終端形状は直線ではなく、スライダ31の長手方向と直交する方向に対して傾斜した曲面となっている。このような傾斜終端形状を有するスライダ31においては、実質的な浮上力は動圧軸受面32の最終端まで発生しておらず、本発明で述べるような動圧が発生しない非動圧軸受部33の開始位置は、このような傾斜終端形状の場合、図22中に二点鎖線で示すように傾斜終端線の長手方向の略中央部分となる。

【0078】図23は、本発明に係るスライダの第3変形例を示した斜視図である。本実施例のように、非動圧軸受部33は、動圧軸受部32及びパッド部35と不連続でなくともよく、実質的に動圧が発生しない部分が形成されていれば良い。なお、本実施例における非動圧軸受部33の開始位置及び記録／再生素子34を搭載したパッド部35の開始位置も、上記した第2変形例の非動圧軸受部33の開始位置と同様に傾斜形状であり、図23中に二点鎖線で示すように傾斜線の長手方向の略中央部分となる。

【0079】このように、フォトリソグラフィの技術を用いたエッチング加工を用いるとスライダ表面に任意の形状を作り得る。従って、本発明は、その基本的なコンセプトである、記録／再生素子が分離して設けられているスライダにおいて、スライダの中間に実質的な動圧が発生しない部分を設け、その流出端側に設けられるパッド部に記録／再生素子を搭載することにより、内外周でのスキュー角変化を小さく設定した場合においても、信頼性を保ちながら、内外周の相対速度変化に対するヘッド浮上量変動を小さくしうるスライダ形状については、そのすべてを含むものであることは勿論である。

【0080】次に、スキュー角がついた状態で記録を行う際の問題点とその対策について述べる。スキュー角がついた状態で記録を行うと、記録素子のトラック両端におけるエッジ効果により、特に一方のトラックエッジ端におけるサイドフリンジング記録部が増大する。このサイドフリンジング記録部はデータ領域としては無効であるため、かかる無効なデータ領域が増大すると、高トラック密度化の障害となる。そこで、サイドフリンジング記録部の増大を防止する対策として、本発明では、エッジ効果を緩和するために、記録媒体に対向する少なくとも記録素子の磁極の全ての部分がトレーリングエッジの走査する領域内に入るような構成を採用することとし

た。ここで、トレーリングエッジとは、記録素子の磁気ギャップをなす媒体対向面の2つの端部のうち、媒体上に最終的に記録トラックを形成する側の端部のことである。

【0081】図24(a)～(c)は、それぞれリングヘッドに関する媒体対向面における磁極の形状を示すものである。図中で、平行な2本の破線に挟まれた部分は、トレーリングエッジが走査する領域を示し、実線は磁極のエッジ形状を示し、点線は通常の磁極形状を示す。

【0082】図24(a)によれば、通常の磁極は点線で示した部分を含むような長方形である。しかし、この場合、エッジ効果により点線部において無効なデータ領域が生じる。従って、このような無効領域があることは、高トラック密度化の上で障害になる。そこで、点線部をなくすことにより、エッジ効果を低減し、記録特性を向上させている。

【0083】図24(b)は、図24(a)のように長方形の一部を除去した構成ではなく、磁極の2辺が媒体走行方向と平行な平行四辺形となるように磁極を構成した例を示したものである。このような構成でも、エッジ効果が低減されるので、良好な記録特性が得られる。

【0084】図24(c)は、スキュー角の変動を考慮した磁極の形状を示したものである。一般的には、このような形状が望ましい。具体的には、図に示すように、トレーリングエッジに接続された両辺を、トレーリングエッジと媒体走行方向とのなす角度よりも小さい角度で配置することにより、磁気ディスク最内周から最外周にかけてスキュー角の変動がある場合でも、磁極がトレーリングエッジの走査領域からはみ出すことがなく、良好な記録特性が得られる。

【0085】図25(a)～(c)は、それぞれ垂直ヘッドに関する本発明による媒体対向面における磁極の形状を示す図である。それぞれの構成に関しては、上記した図24(a)～(c)の構成と同様である。かかる構成によれば、垂直ヘッドに関してスキュー角変動等が生じた場合でも、良好な記録特性が得られる。

【0086】図26は、Mergedタイプのヘッド、図27は、Ingapタイプのヘッドに本発明による媒体対向面における磁極形状を適用したものである。ここで、Mergedタイプのヘッドとは、記録用の下磁極とシールド型MRヘッドの上磁極を兼用したヘッドをいい、Ingapタイプのヘッドは、記録ギャップ中に再生素子を設けたヘッドをいう。

【0087】このように、本発明は、その基本的コンセプトである記録素子の媒体に対向する部分がトレーリングエッジの走査領域内に入るような構成であれば、どのようなタイプの記録ヘッドに対しても適用が可能である。

【0088】以上、本発明の実施例について説明した

が、本発明は、これらに限定されるものではなく、上記した各実施例を適宜組み合わせることにより得られる種々の構成としても良いことは勿論である。例えば、所定の軸受傾き角を設ける設定において、動圧軸受部、非動圧軸受部、及び磁気ヘッドが搭載されるパッド部からなるスライダを用いる構成や、記録素子の媒体に対向する部分がトレーリングエッジの走査領域内に入るような構成を適宜組み合わせた構成としても良い。

【0089】

10 【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、MRヘッドを再生素子として使用する記録／再生素子が分離して設けられている磁気ヘッドを有する磁気ディスク装置において、記録密度の向上を図ることが可能な磁気ディスク内外周でスキュー角をほぼ一定にする設定においても、磁気ディスクの内周から外周にわたってヘッド浮上量をほぼ一定とすることができる。従って、記録容量を従来の3割程度向上させることが可能な技術であるCDR方式の採用が可能な磁気ディスク装置を提供することができる。

20 【0090】また、記録／再生素子がそれぞれ分離して搭載された磁気ヘッドスライダにおいて、磁気ヘッドスライダ上に設けられる動圧軸受部よりも流出端側に磁気ディスクの回転による動圧がほとんど発生しない非動圧軸受部を設け、この非動圧軸受部よりも更に流出端側に設けられたパッド部に記録／再生素子を分離して搭載することにより、磁気ディスク内外周でスキュー角変化がほとんど無いドライブ構成においてもCDRに適した磁気ディスクの記録領域内外周におけるヘッドスペーシング一定の特性を実現でき、かつ、信頼性の高い磁気ヘッドスライダ及びそれを用いた磁気ディスク装置を提供することができる。

【0091】更に、エッジ効果を緩和するために、記録媒体に対向する少なくとも記録素子の磁極の全ての部分がトレーリングエッジの走査する領域内に入るような構成を採用することにより、スキュー角がついた状態で記録を行う際にも、良好な記録特性が得られる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 ロータリーアクチュエータを用いた磁気ディスク装置の概略図。

40 【図2】 本発明に係る磁気ディスク装置に用いられる磁気ヘッドアセンブリの概略図。

【図3】 ロータリーアクチュエータを用いた磁気ディスク装置の概略を示した模式図。

【図4】 アーム長をパラメータにしたときの磁気ヘッドの磁気ディスク上の位置とアーム傾き角との関係を示した図。

【図5】 アーム長とアーム傾き角変動量（最大値と最小値との差）との関係を示した図。

【図6】 クラウン及びキャンバーの説明図。

50 【図7】 磁気ディスク内外周での磁気ヘッドの浮上量

増加率の解析結果を示した図。

【図8】 外周側スライダの浮上姿勢を示した図。

【図9】 外周側スライダの浮上量増加率を規格化したもの、浮上量誤差解析結果を規格化したもの、及びその2つをかけあわせたものを示した図。

【図10】 キャンバーを増加させた場合の磁気ヘッドの浮上量増加率の解析結果を示した図。

【図11】 ステップ付きスライダの形状を示した図。

【図12】 本発明の第1実施例に係る磁気ディスク装置の概略を示した図。

【図13】 本発明の第2実施例に係る磁気ディスク装置の概略を示した図。

【図14】 本発明の第3実施例に係る磁気ディスク装置の概略を示した図。

【図15】 本願発明に係る磁気ディスク装置を構成するスライダ形状に関する実施例を示した図。

【図16】 任意形状スライダの軸受傾き角の説明図。

【図17】 本発明に係る磁気ディスク装置に適応される磁気ヘッドスライダの他の実施例を示した図。

【図18】 本発明に係る磁気ヘッドスライダのデータ領域内外周における磁気ヘッド浮上量の変化の概略を示す図。

【図19】 本発明に係る磁気ヘッドスライダのデータ領域内外周における磁気ヘッド浮上量の変化の解析結果を示す図。

【図20】 本発明に係る磁気ヘッドスライダの浮上特性に関する説明図。

【図21】 本発明に係る磁気ヘッドスライダの第1変形例を示す斜視図。

\*

\*【図22】 本発明に係る磁気ヘッドスライダの第2変形例を示す斜視図。

【図23】 本発明に係る磁気ヘッドスライダの第3変形例を示す斜視図。

【図24】 本発明にかかる媒体対向面における磁極形状を示す図。

【図25】 本発明にかかる媒体対向面における磁極形状を示す図。

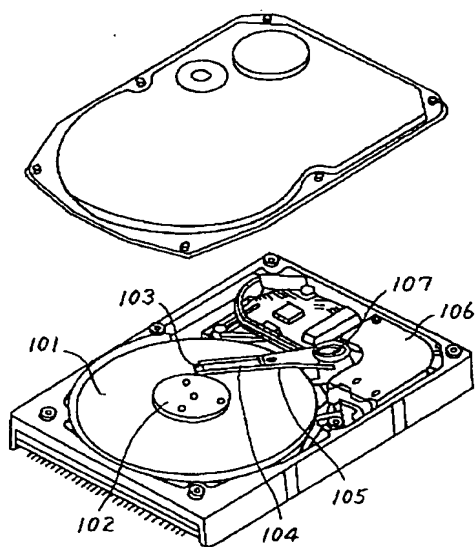
【図26】 本発明にかかる媒体対向面における磁極形状を示す図。

【図27】 本発明にかかる媒体対向面における磁極形状を示す図。

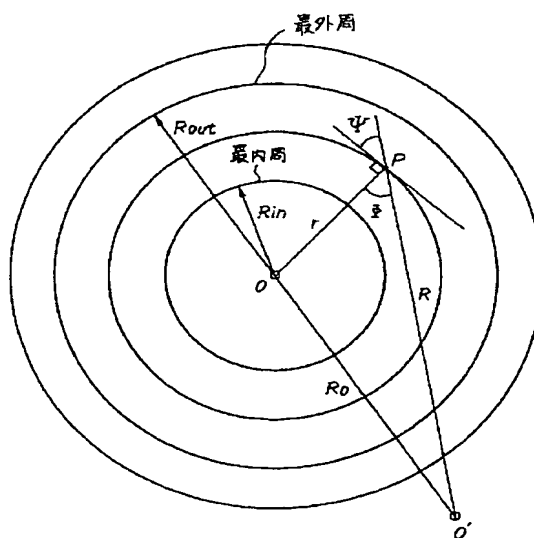
【符号の説明】

- 1 アーム
- 2 サスペンション
- 3, 5, 20, 31, 41 磁気ヘッドスライダ
- 4, 36, 40 磁気ディスク
- 6, 18, 21, 32, 45 動圧軸受部(面)
- 11 磁気ギャップ位置
- 13 記録素子
- 14, 15 再生素子
- 16 記録トラック
- 17 再生トラック
- 22 ステップ
- 33 非動圧軸受部
- 34 記録/再生素子
- 35, 44 パッド部
- 37 スライダの流入端
- 38 スライダの流出端

【図1】



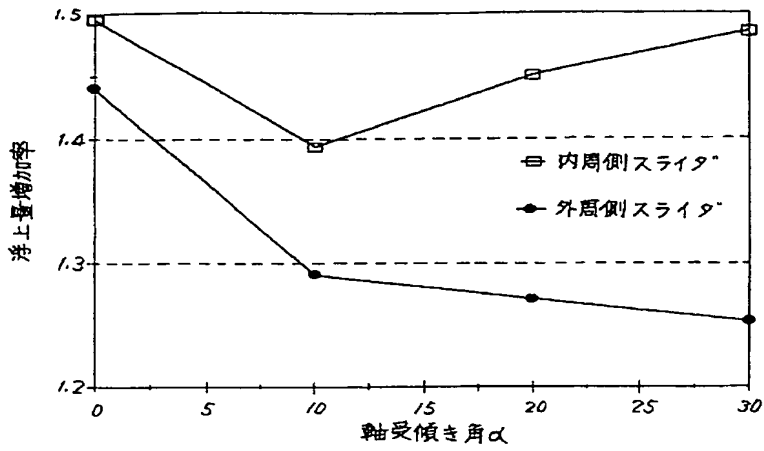
【図3】



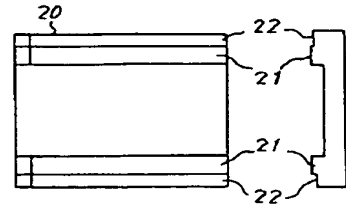




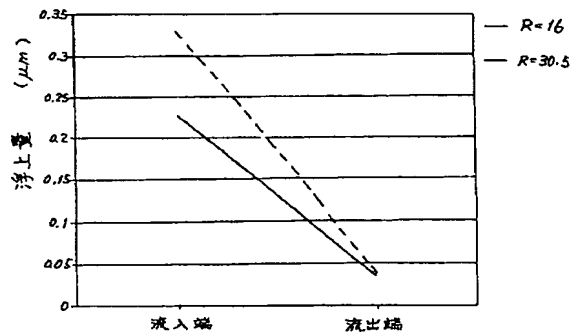
【図7】



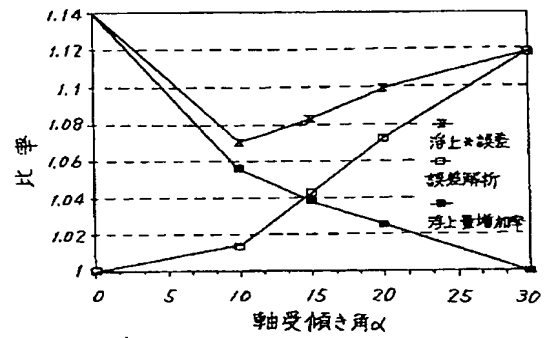
【図11】



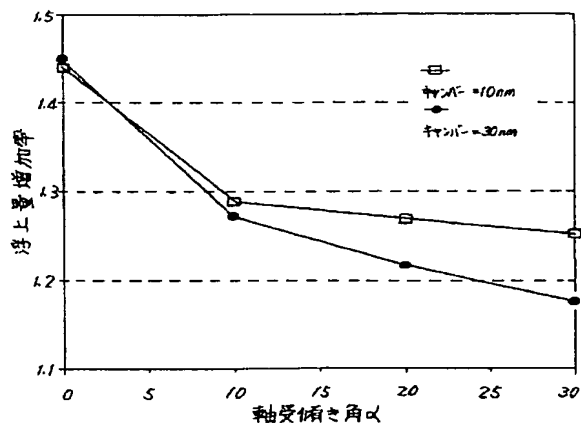
【図8】



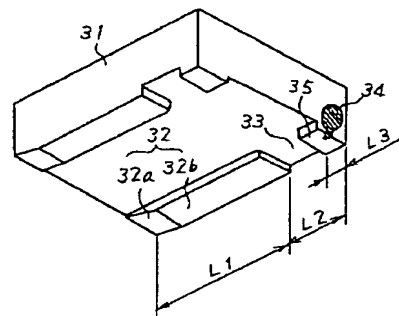
【図9】



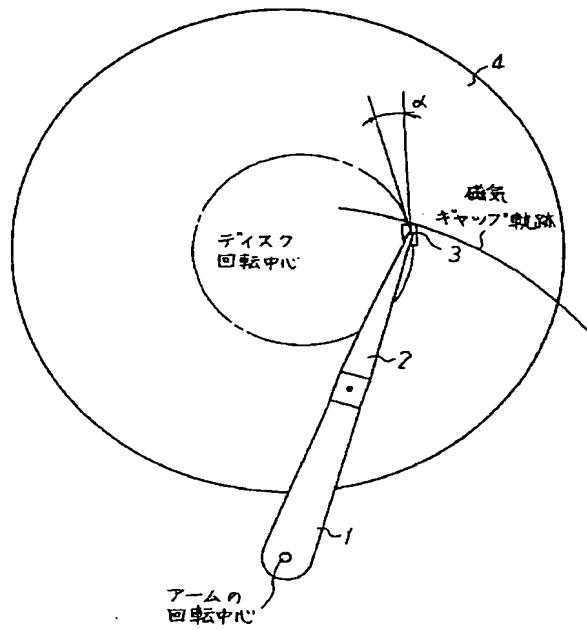
【図10】



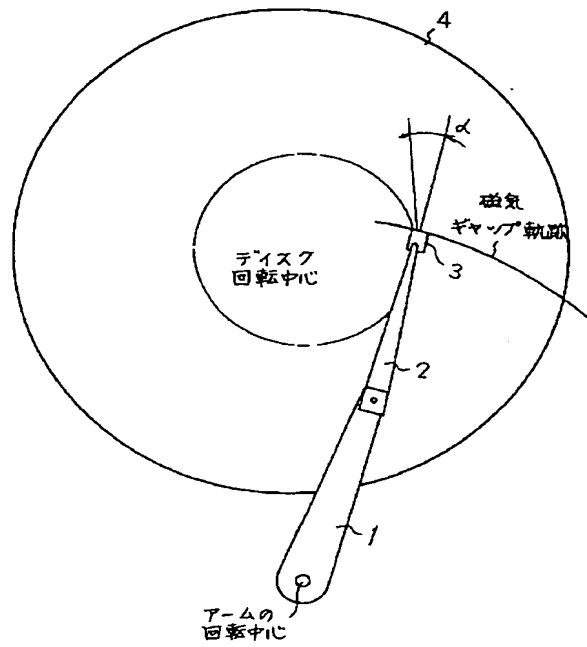
【図17】



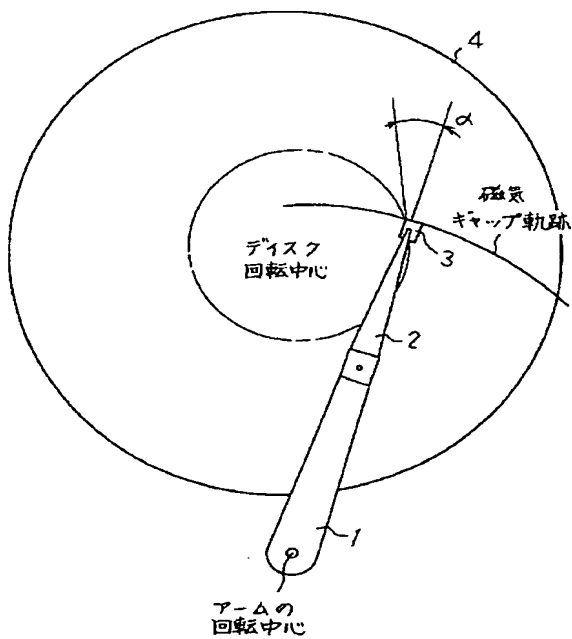
【図12】



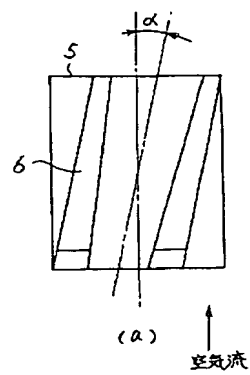
【図13】



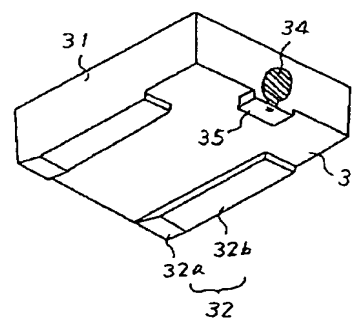
【図14】



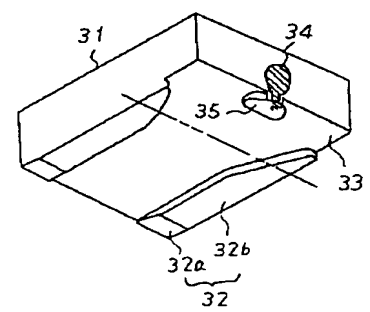
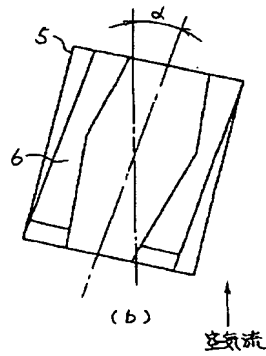
【図16】



【図21】

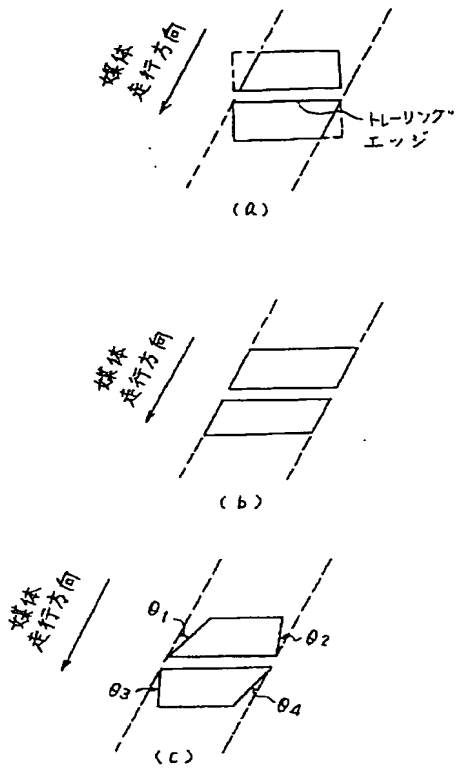


【図22】

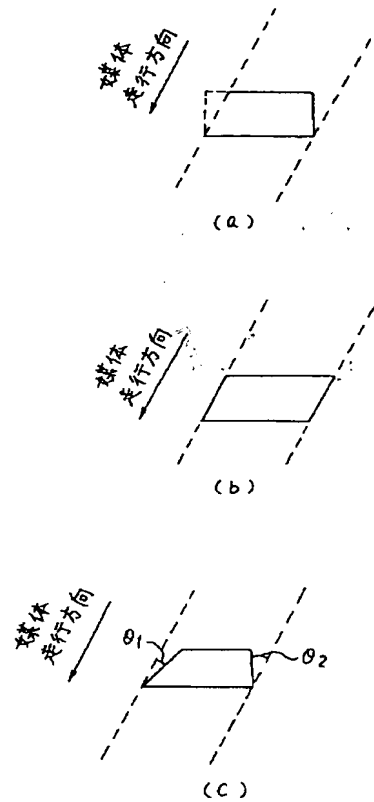




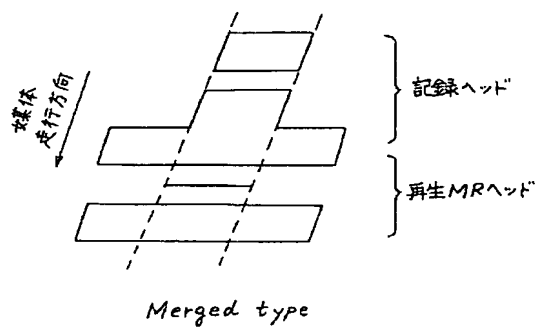
【図24】



【図25】



【図26】



フロントページの続き

(72)発明者 秋山 純一  
 神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株  
 式会社東芝研究開発センター内

(72)発明者 井上 徹夫  
 神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株  
 式会社東芝研究開発センター内